



Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di
Ingegnere

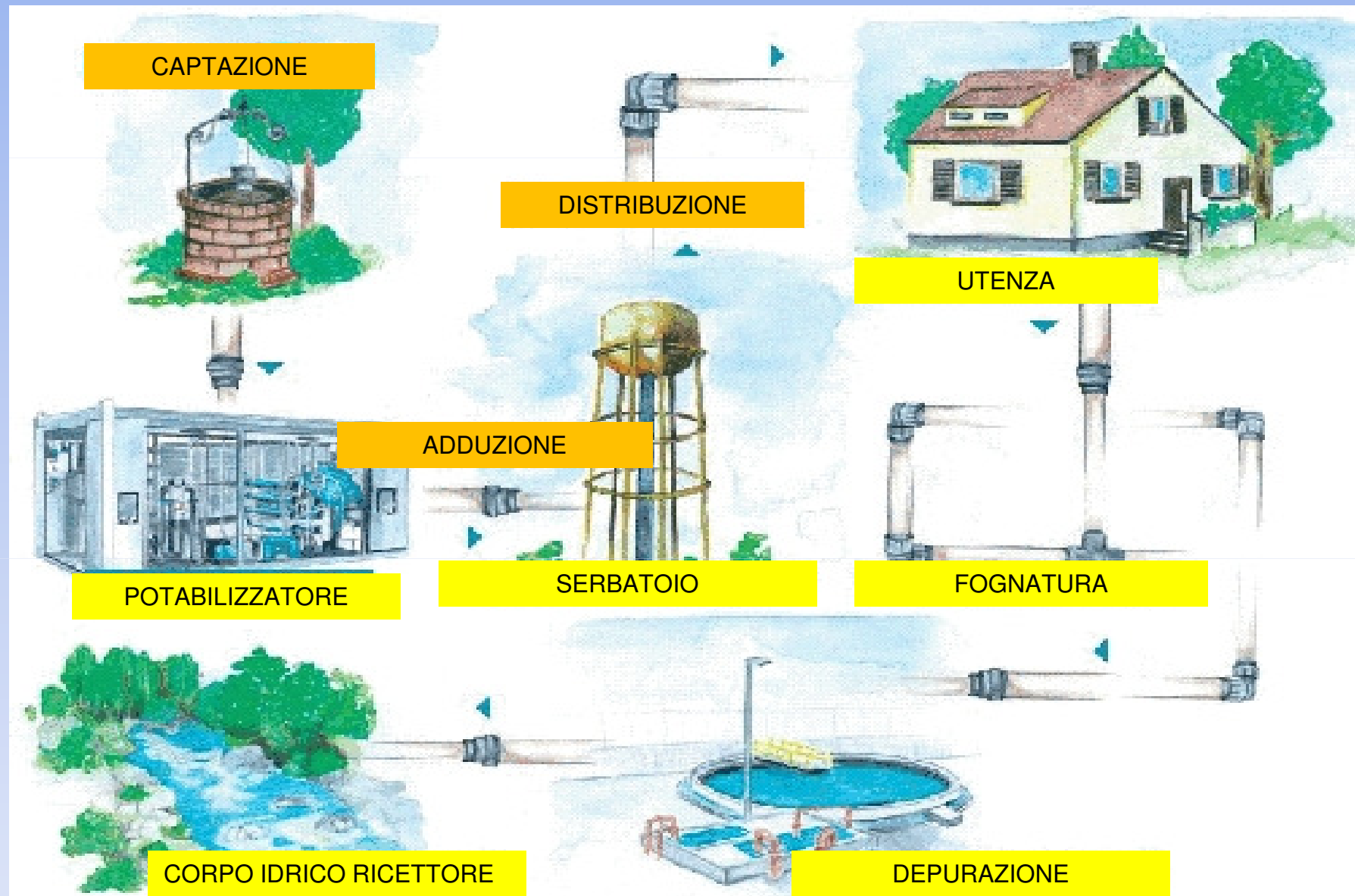
***Criteri progettuali
Acquedotti e Fognature***

Relatore

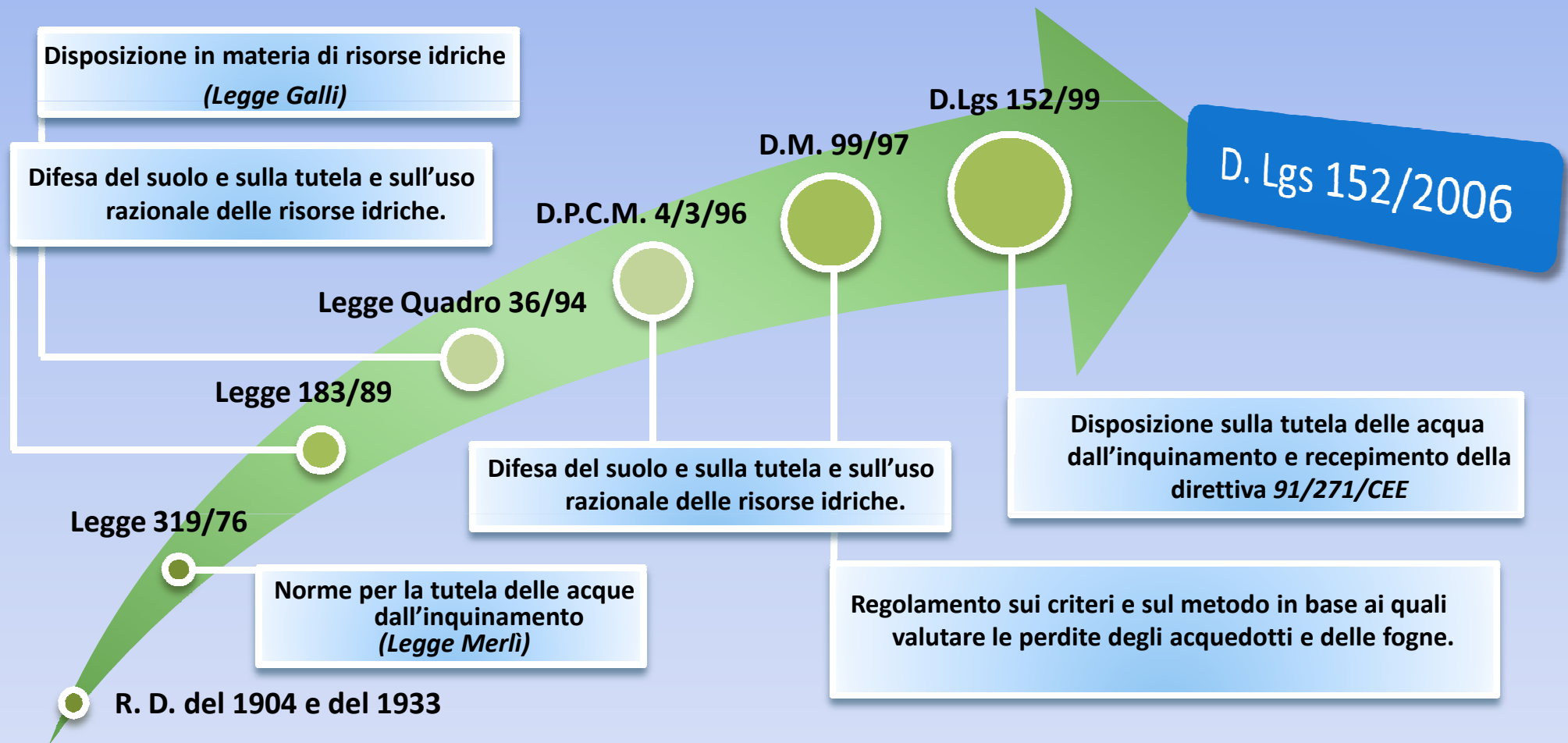
Prof. Ing. Francesco De Paola
Dipartimento di Ingegneria Idraulica ,Geotecnica e Ambientale

6 DICEMBRE 2012

Schematizzazione



Quadro normativo



Captazione

D.Lgs. n°31 del 02/02/2001 Qualità acque destinate al consumo umano

LE OPERE DI CAPTAZIONE

DA SORGENTI

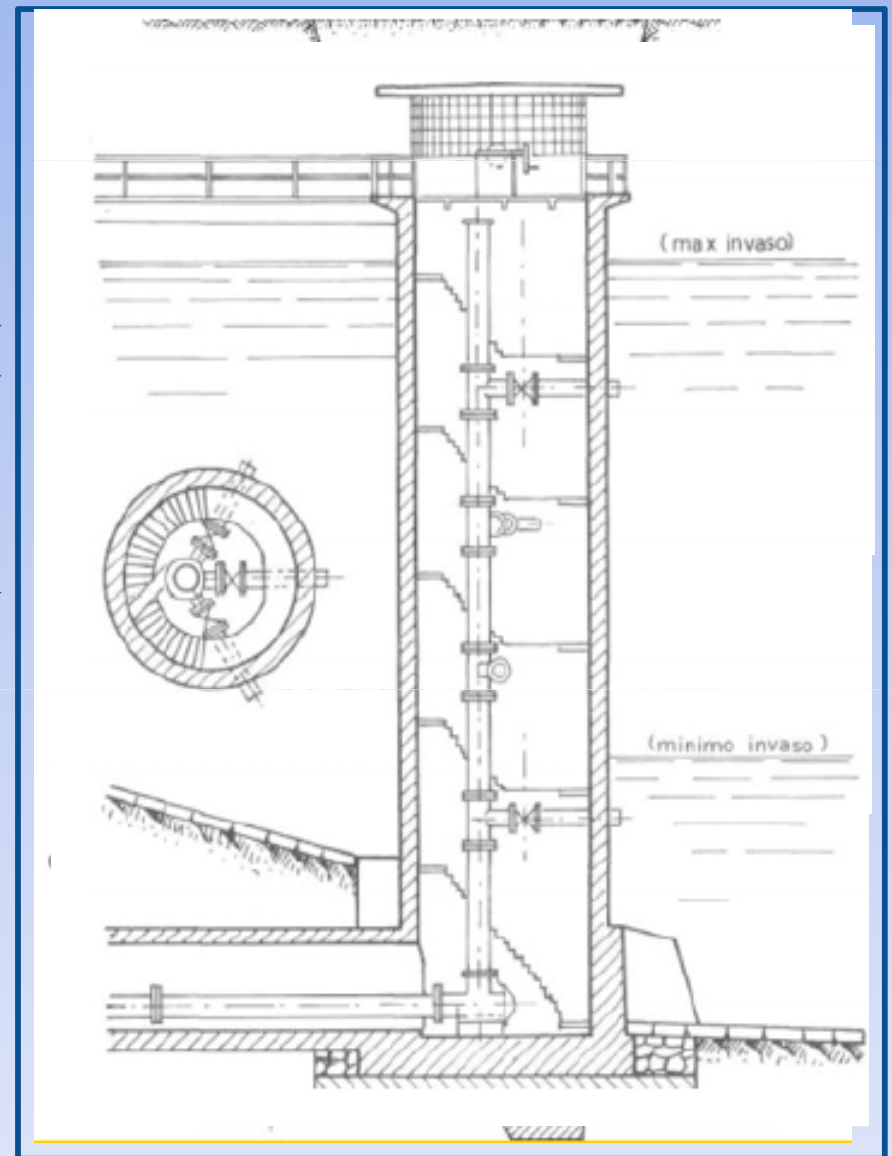
- Gallerie →
- Cunicoli di raccolta →

DA FALDE

- Pozzi →
- Trincee drenanti →

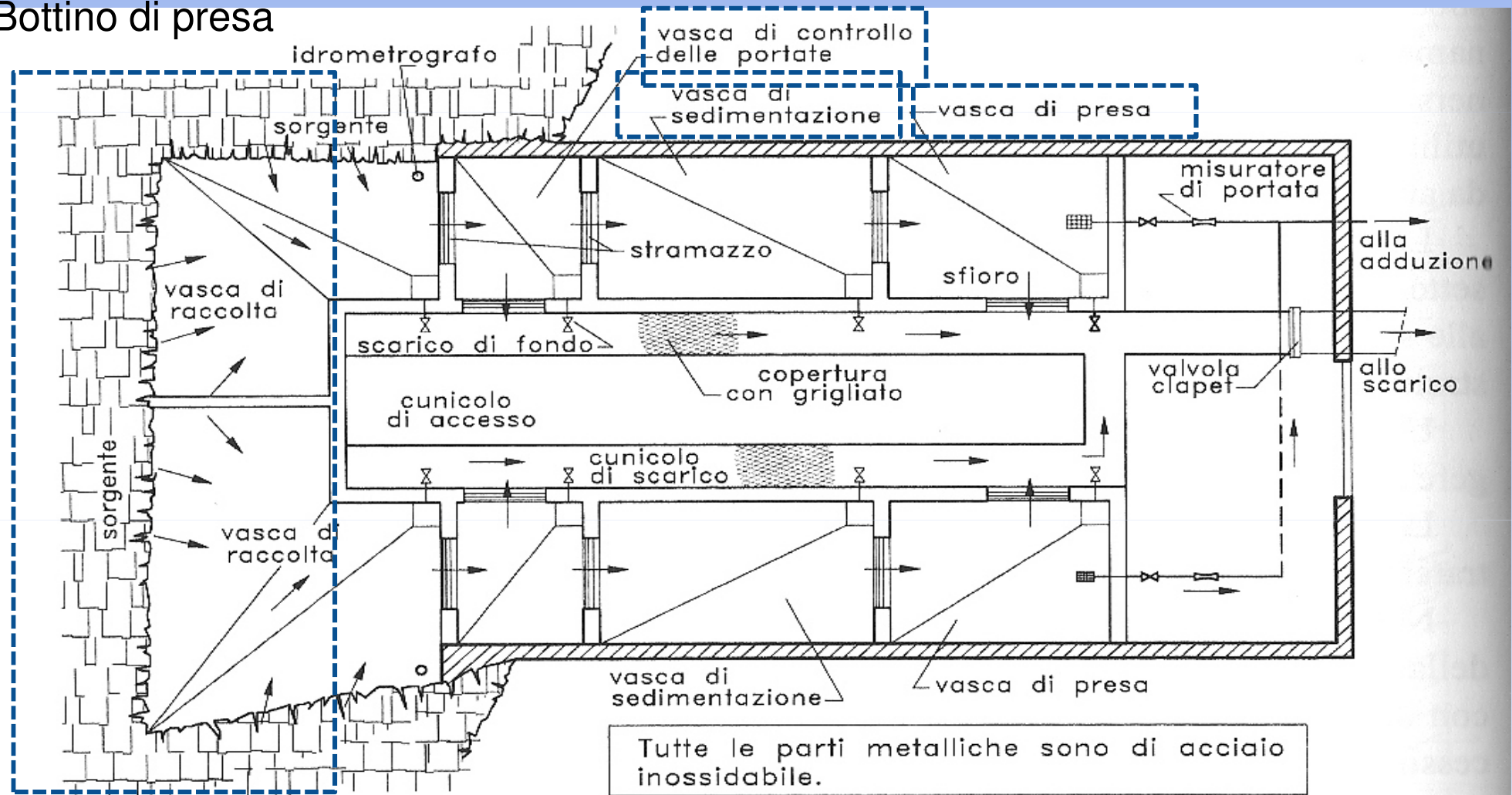
DA CORSI D'ACQUA E BACINI NATURALI O ARTIFICIALI

- Opere di sbarramento →
- Torri di presa →



Captazione da sorgente

Bottino di presa



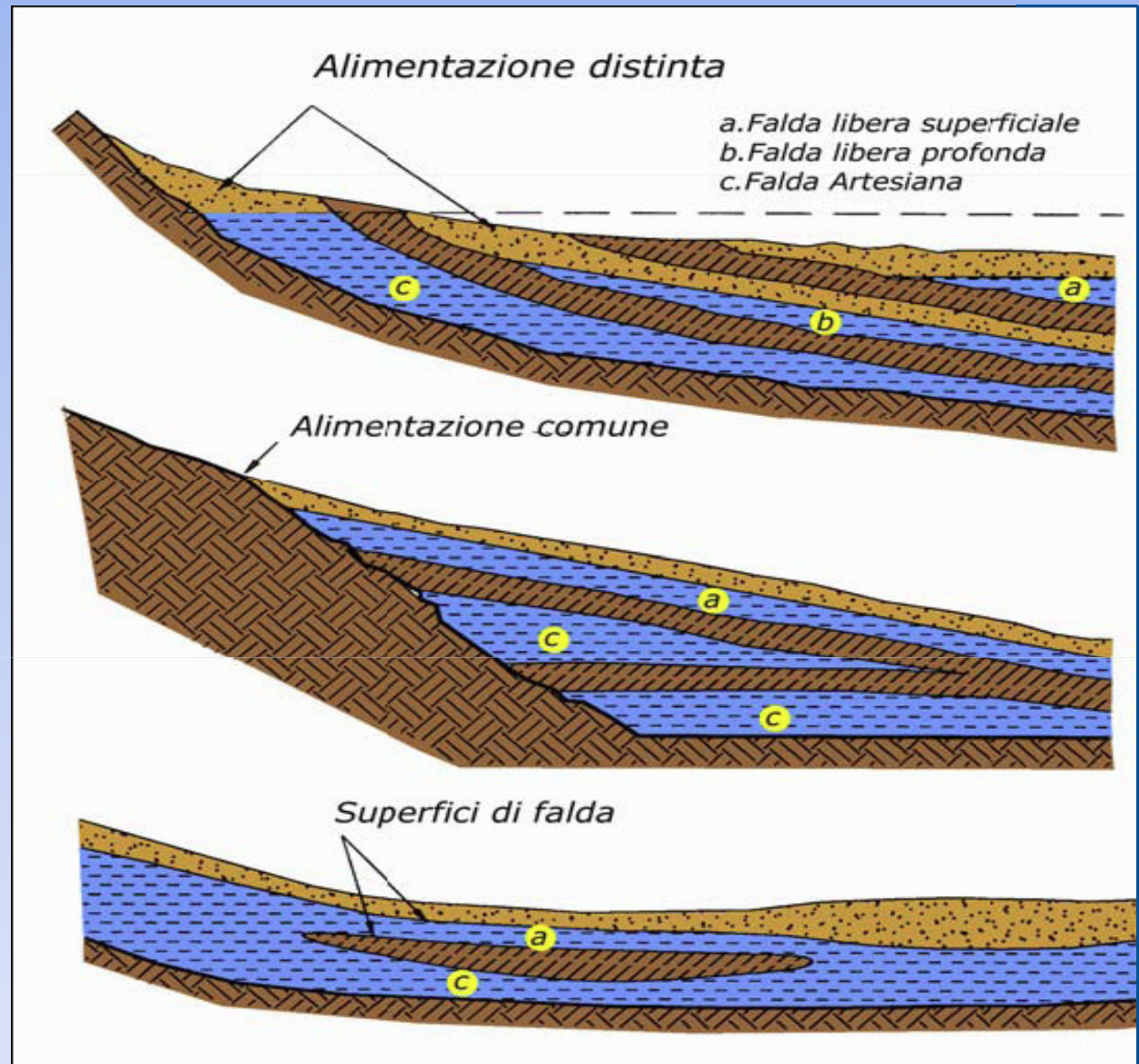
Captazione da falda

Falda libera superficiale o Freatica :

Quando la falda scorre attraverso uno strato poroso non saturo sostenuto da uno strato impermeabile

quando lo strato permeabile è contenuto tra due strati impermeabili possono verificarsi due casi :

1. **falda libera e profonda:** se la zona permeabile non è satura
2. **falda in pressione o artesiane:** se la zona permeabile è satura e soggetta a pressione tale che i livelli piezometrici siano al disopra della superficie di fondo della falda superiore.



Captazione da falda

Valutazione della Portata Emungibile

Legge di DARCY: $V = f I$

f = coefficiente di filtrazione

$$I = \frac{dh}{dr} \quad \text{Cadente piezometrica}$$

$$q = 2\pi r f I e = 2\pi r f \frac{dh}{dr} e$$

$$h = \frac{q}{2\pi e f} \ln r + \text{cost}$$

$$r = \frac{D}{2} \quad h = h_0 \quad \text{in corr. del pozzo}$$

$$\text{quindi} \quad h - h_0 = \delta = \frac{q}{2\pi e f} \ln \frac{2r}{D}$$

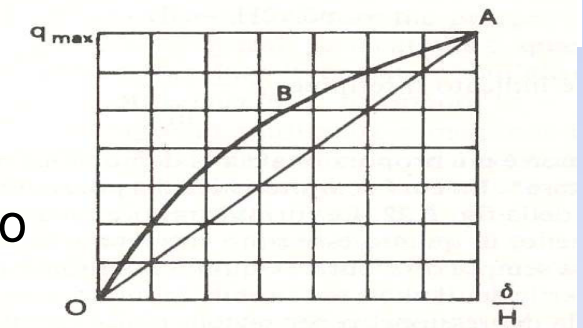
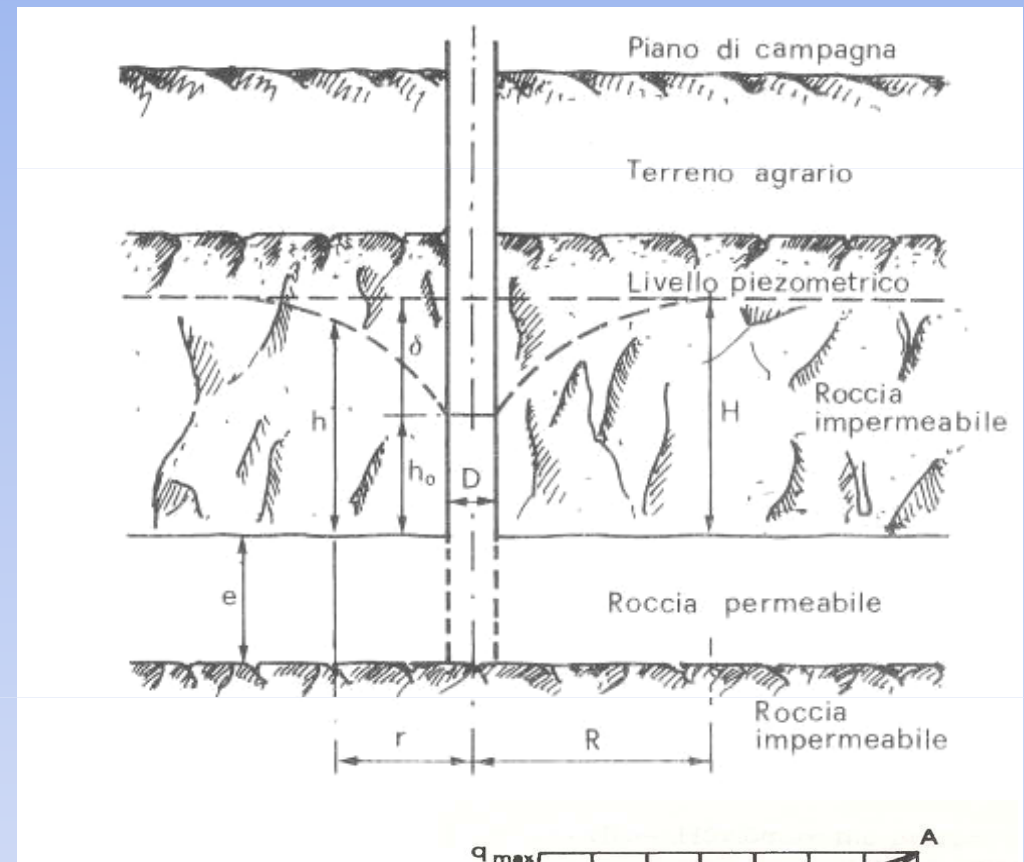
Per $h = H$ diventa

$$q = \frac{2\pi e f}{\ln 2r/D} \delta \Rightarrow q = K \delta$$

La q è funzione lineare della depressione

La curva caratteristica del pozzo è OA

FALDA IN PRESSIONE



Captazione da falda

Valutazione della Portata Emungibile

$$q = 2\pi r f h \frac{dh}{dr}$$

$$h^2 = \frac{q}{\pi f} \ln r + \text{cost}$$

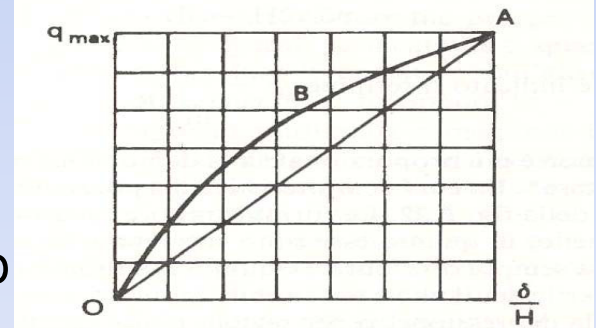
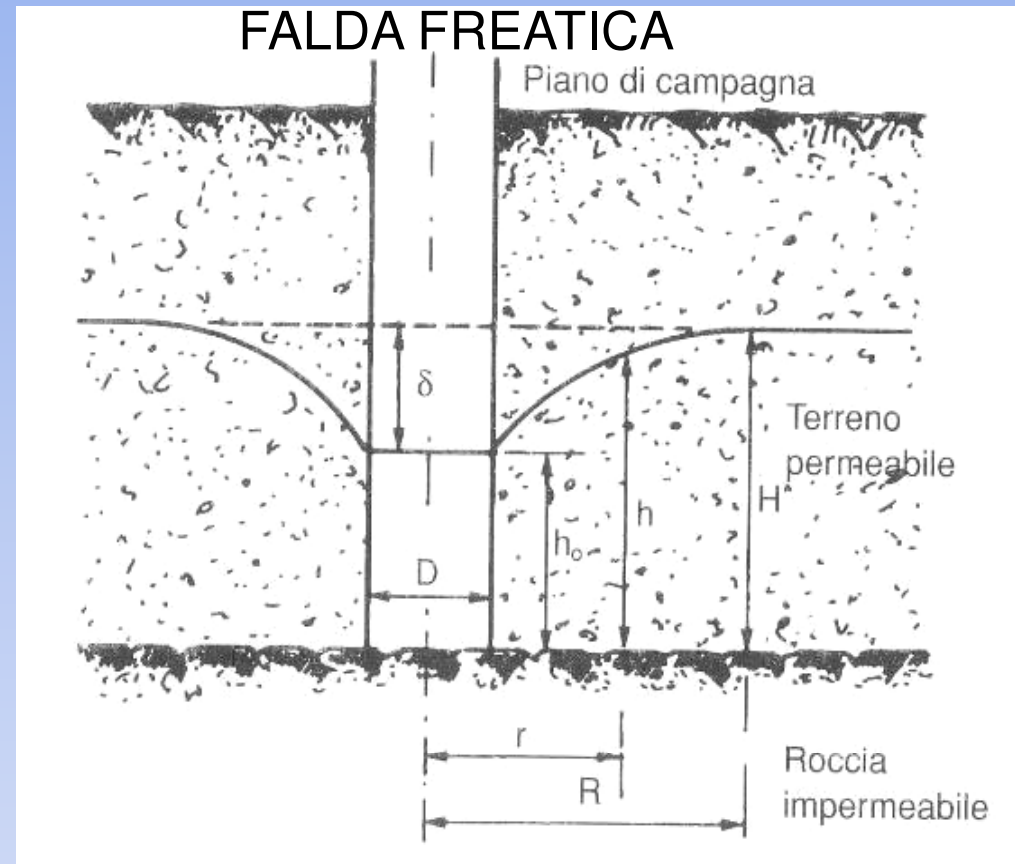
$$\text{Per } r = \frac{D}{2} \quad h = h_0$$

$$h^2 - h_0^2 = \frac{q}{\pi f} \ln \frac{2r}{D}$$

$$\text{da cui } H^2 - h_0^2 = \frac{q}{\pi f} \ln \frac{2R}{D}$$

$$q = p\delta(2H - \delta)$$

La q non è più funzione lineare della depressione ma funzione quadratica di essa
La curva caratteristica del pozzo è OBA



Presa da fiume

POMPAGGIO

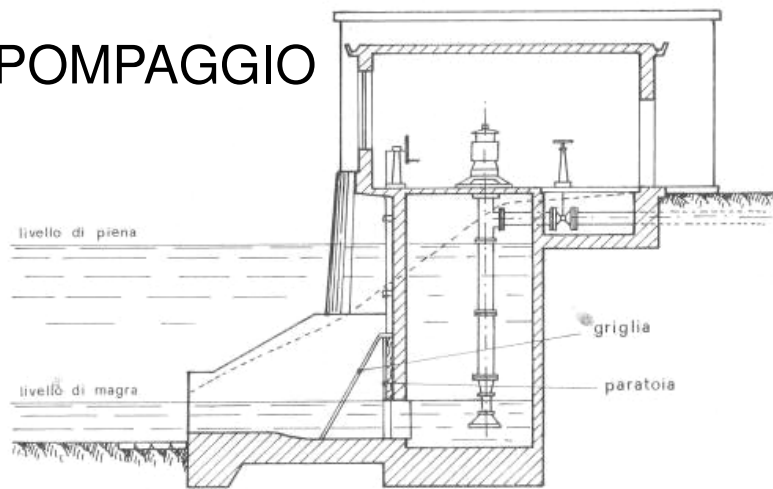
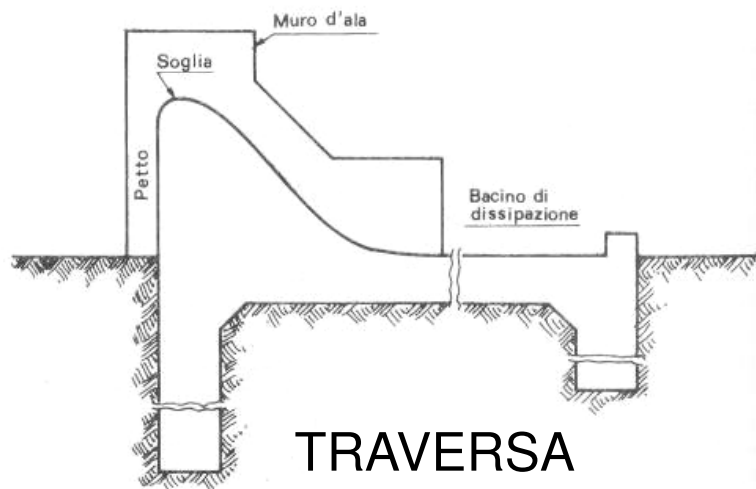
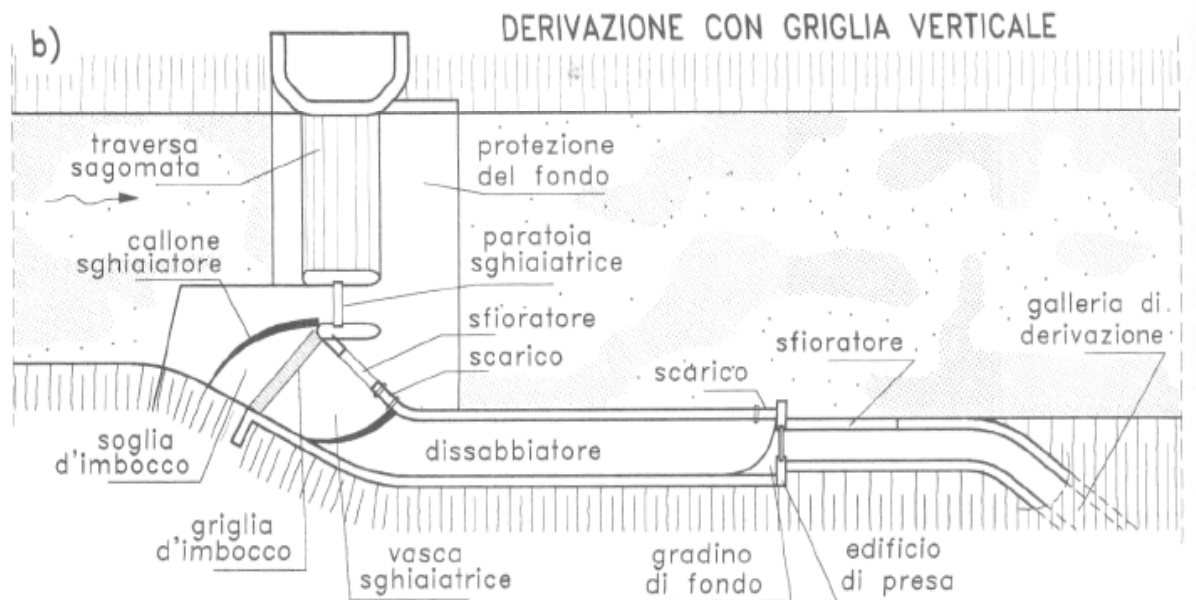
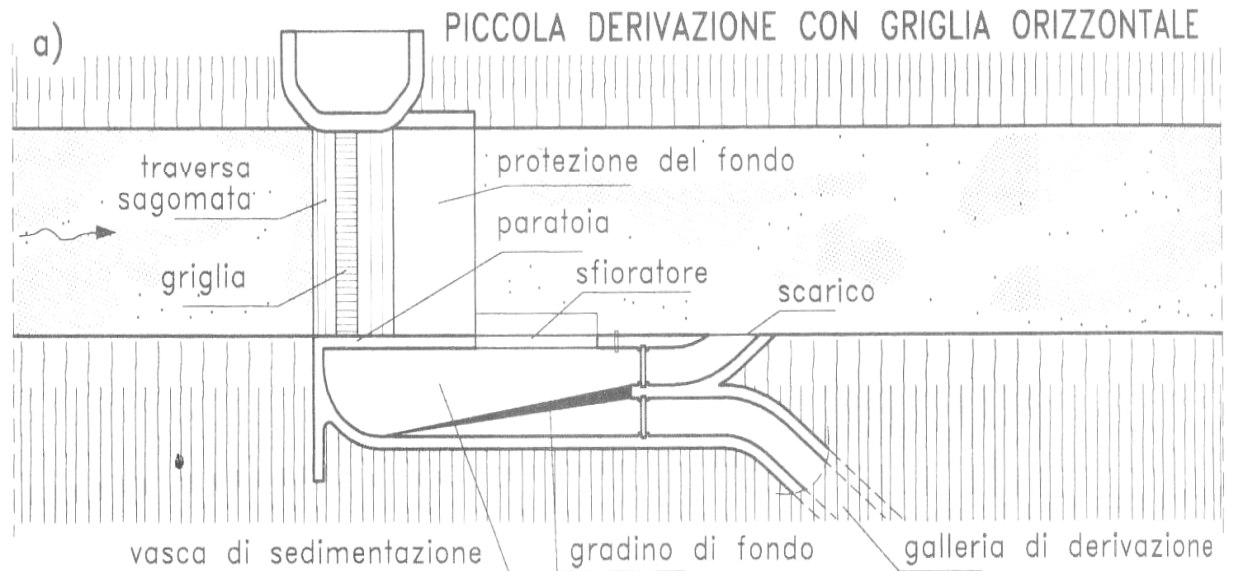


Figura 2.25



TRAVERSA



Acquedotto esterno

Collega l'opera di presa con il serbatoio cittadino

Modalità di funzionamento:

a) Gravità

- In pressione (usuale)
- A pelo libero

b) Per sollevamento

Fasi del progetto:

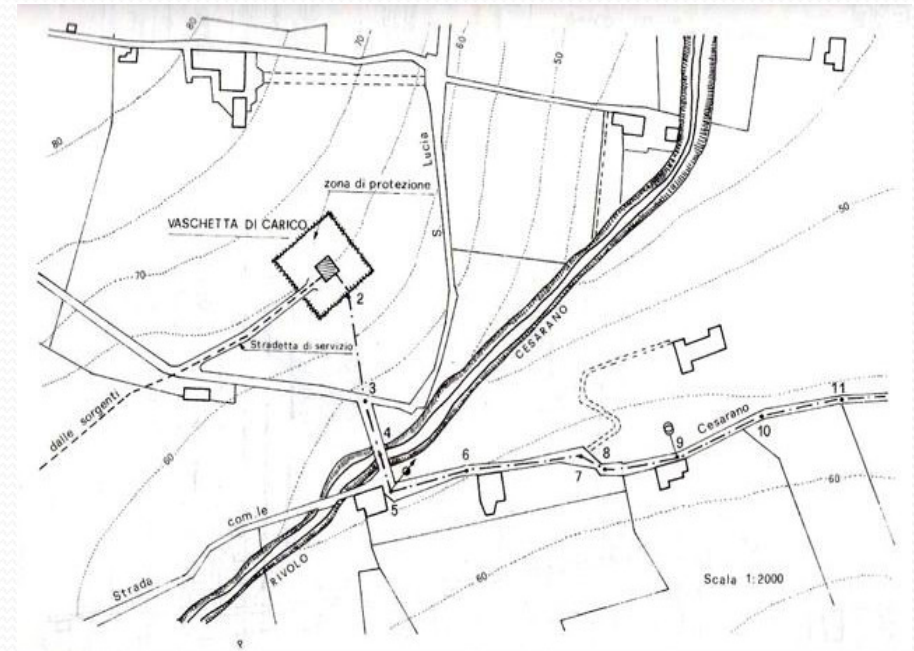
- Localizzazione Opere di presa
- Localizzazione del Serbatoio
- Studio del tracciato

Acquedotto esterno

CRITERI SCELTA TRACCIATO

- Da un lato conviene, da un punto di vista economico, realizzare il tracciato più breve tra due punti (presa, serbatoio). Dall'altro, occorre tener presenti le esigenze imposte dal profilo del terreno: un profilo accidentato, con molti punti depressi ed elevati, è costoso per le opere d'arte che richiede (pozzetti di scarico, pozzetti di sfiato, opere di attraversamento)

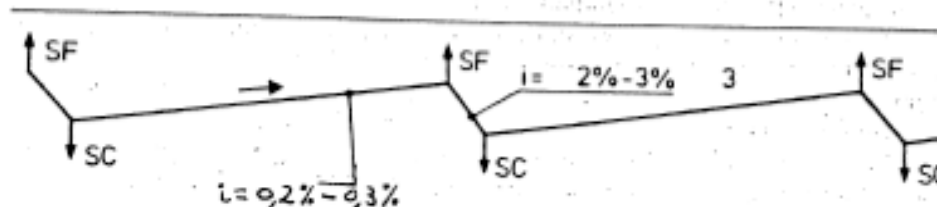
- Analisi delle caratteristiche geologiche, geotecniche, chimiche ed elettrochimiche dei terreni da attraversare: se possibile evitare zone in cui affiori la roccia (il cui scavo è ovviamente molto costoso), boschi, zone acquitrinose, costoni franosi, anche a costo di allungare il tracciato.



Acquedotto esterno

CRITERI SCELTA TRACCIATO

- Attraversare terreni di posa in cui sia facile scavare, evitando zone in frana o terreni aggressivi o scoscesi a mezza costa; a tale scopo è preferibile che eventuali zone di instabilità siano attraversate posando la condotta lungo le linee di massima pendenza
- Altezze piezometriche minime 5 m e altezze piezometriche massime: da limitare per contenere le Pn e i costi della condotta
- Velocità in condotta 0,5 – 2,5 m/s e Profondità di posa 1,5 -2 m (ricoprimento minimo 1,2 m)
- Ove possibile seguire la sede stradale (si limitano le espropriazioni e/o servitù, facilità di accesso, ma problemi di traffico)
- Attraversamento di fiumi, torrenti e valloni in corrispondenza dei ponti stradali ed evitare di attraversare strade e ferrovie limitando la costruzione di gallerie
- Profilo a dente di sega



Acquedotto esterno

CRITERI SCELTA TRACCIATO

Ovviamente , la definizione del tracciato richiede:

- ispezione delle zone
- rilievi topografici orientativi

Si procederà quindi al tracciamento:

- della **planimetria** dell'acquedotto
- della **planimetria** delle espropriazioni
- del **profilo longitudinale** che contiene tutti gli elementi per il calcolo idraulico, per l'approvvigionamento dei tubi, per la determinazione degli scavi, ecc.

Molto importante, ovviamente, è il posizionamento del serbatoio (punto d'arrivo della condotta esterna). Esso se possibile deve essere ubicato il più possibile vicino all'abitato da servire; deve garantire un carico superiore di almeno 5-6 m (funzionamento degli elettrodomestici) al rubinetto più alto del fabbricato più elevato; deve imporre un carico statico non superiore a 70 m nel punto più basso della rete idrica (DM. 04/03/1996)

Acquedotto esterno

CALCOLO IDRAULICO – FORMULE DI RESISTENZA IDRAULICA

Formula di Chézy

$$J = \frac{q^2}{K^2 \sigma^2 R}$$

in cui:

- J: cadente piezometrica [m/m];
- q: portata circolante nel tronco [m³/s];
- σ : sezione idrica [m²];
- R: raggio idraulico = D/4 [m];
- K: coefficiente di scabrezza [m^{1/2}/s].

$$K = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

espressione secondo BAZIN

$$K = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$$

espressione secondo KUTTER

$$K = k_s R^{1/6}$$

espressione secondo GAUCKLER e STRICKLER

- γ e m : parametri di scabrezza [m^{1/2}] (tab. 1);
- k_s : parametro di scabrezza [m^{1/3}/s] (tab. 1).

Il dimensionamento delle tubazioni viene effettuato con le formule ordinarie dell'idraulica

Acquedotto esterno

CALCOLO IDRAULICO – FORMULE DI RESISTENZA IDRAULICA

formula di Darcy-Weisbach

$$J = \lambda \frac{8 q^2}{\pi^2 g D^5}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3,71} \right) \quad \text{Colebrook – White}$$

- J: cadente piezometrica [m/m];
- q: portata idrica [m³/s];
- D: diametro della condotta [m];
- λ: indice di resistenza;
- ε: indice di scabrezza [mm] (tab. 1);
- ν: viscosità cinematica dell'acqua = 1.31 10⁻⁶ [m²/s];

- R_e: numero di Reynolds = $\frac{V D}{\nu}$

Acquedotto esterno

CALCOLO IDRAULICO – FORMULE DI RESISTENZA IDRAULICA

<i>Tipo di canale</i>	<i>Bazin</i> γ [m ^{1/2}]	<i>Kutter</i> m [m ^{1/2}]	<i>Gauckler Strickler</i> k_s [m ^{1/3} s ⁻¹]	<i>Scabrezza omogenea equivalente</i> ε [mm]
Pareti di cemento perfettamente liscio. Pareti metalliche con giunti a filo.	0.06	0.12	100 + 90	0.15 + 0.20
Pareti di cemento non perfettamente liscio. Pareti metalliche con giunti in risalto. Muratura di mattoni molto regolare.	0.16	0.20 + 0.25	85 + 75	0.40 + 1.00
Pareti di cemento non in perfette condizioni. Muratura di mattoni ordinaria.	0.23 + 0.36	0.35 + 0.55	70 + 65	2 + 5
Pareti di cemento non liscio. Muratura di mattoni irregolare o di pietrame. Pareti in terra molto regolare senza vegetazione.	0.46	0.55 + 0.75	60	8
Muratura vecchia e in condizioni non buone. Pareti in terra regolare.	0.60 + 0.85	0.75 + 1.25	50	15 + 30
Pareti rivestite con gabbioni o materassi in rete metallica riempiti con pietrame.	1.0	-	45	-
Pareti in terra con erba. Corsi d'acqua naturali regolari.	1.30	1.50	40	70
Pareti in terra in cattive condizioni. Corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia.	1.75	2.00	35	120 + 200
Canali in abbandono con vegetazione alta e abbondante. Corsi d'acqua naturali con grossi ciottoli o con grossi massi sull'alveo.	2.00 + 2.30	3.00	30	300 + 400

Acquedotto esterno

FORMULE DI RESISTENZA IDRAULICA : FORMULE MONOMIE

Formula di Darcy

$$J = ci \beta \frac{q^2}{D^5}$$

in cui:

- J: cadente piezometrica [m/m];
- q: portata circolante nel tronco [m³/s];
- D: diametro della condotta [m];
- $\beta = 0.00164 + 0.000042/D$ (tubi nuovi);
- ci: coeff. di invecchiamento = 2

$$J = ci b \frac{q^a}{D^d}$$

in cui:

- J: cadente piezometrica [m/m];
- q: portata circolante nel tronco [m³/s];
- D: diametro della condotta [m];
- ci: coefficiente di invecchiamento 1.1 - 1.4

Formula	Tipo di materiale	b	a	d
De Marchi-Marchetti	Acciaio con rivestimento bituminoso interno a spessore	0,000983	1,81	4,80
Scimemi-Veronese	Acciaio senza saldatura semplicemente bitumato DN ≤ 400 mm	0,001456	1,82	4,71
Orsi	Acciaio saldato semplicemente bitumato DN ≤ 400 mm	0,000986	1,83	4,87
Scimemi	Fibrocemento e ghisa sferoidale con rivestimento interno cementizio	0,000984	1,78	4,78
Datei-Marzolo	PVC – PEad – PRFV	0,000944	1,80	4,80

Acquedotto esterno

FORMULE DI RESISTENZA IDRAULICA : TUBI LISCI

Per i tubi tecnicamente lisci continua ad essere valida la formula di resistenza di Darcy-Weisbach, in cui per il fattore di resistenza λ può applicarsi a una delle seguenti formule:

BLASIUS (1911)

$$\lambda = 0.316 \text{Re}^{-0.25} \quad \text{valida per } \text{Re} \leq 10^5$$

PRANDTL-VON KARMAN

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log(\text{Re} \sqrt{\lambda}) - 0.8 \quad \text{valida per } \text{Re} \leq 10^6$$

Fabbisogno Idrico

- **Fabbisogno globale annuo**

$$V = \frac{365qN}{1000} [m^3]$$

- **Portata Media Annua**

$$\bar{Q} = \frac{qN}{86400} [l/s]$$

dove “q” (l/d x ab) è la dotazione idrica media annua e “N” numero abitanti futuri da servire

Il DPCM 4 marzo 1996 Disposizioni in materia di risorse idriche fissa in 150 l/ab*g la dotazione minima